

**Sensor component produced in microstructural circuitry in form of transverse girder**

**Patent number:** DE19625078  
**Publication date:** 1998-01-02  
**Inventor:** ZWINGEL DIETER DR (DE)  
**Applicant:** DIEHL GMBH & CO (DE)  
**Classification:**  
- **international:** G01R33/02; G01L1/22; H01L23/04; G01V3/40  
- **european:** G01R33/038; G01C17/02  
**Application number:** DE19961025078 19960622  
**Priority number(s):** DE19961025078 19960622

**Abstract of DE19625078**

The sensor component is designed so that a free arm (2) of the transverse girder carries a permanent magnetic (4) or is made of permanent magnetic material. The arm is deflectable by an external magnetic field, and this deflection is a measurement value of the sensor component. Preferably the free arm is connected with a holding arm approximately vertical to this to form a one piece component. The holding arm is a semiconductor substrate which also includes other components. The free arm is designed to be at right angles to the torsion arm (1).



DEUTSCHES  
PATENTAMT

②1 Aktenzeichen: 196 25 078.1  
②2 Anmeldetag: 22. 6. 96  
④3 Offenlegungstag: 2. 1. 98

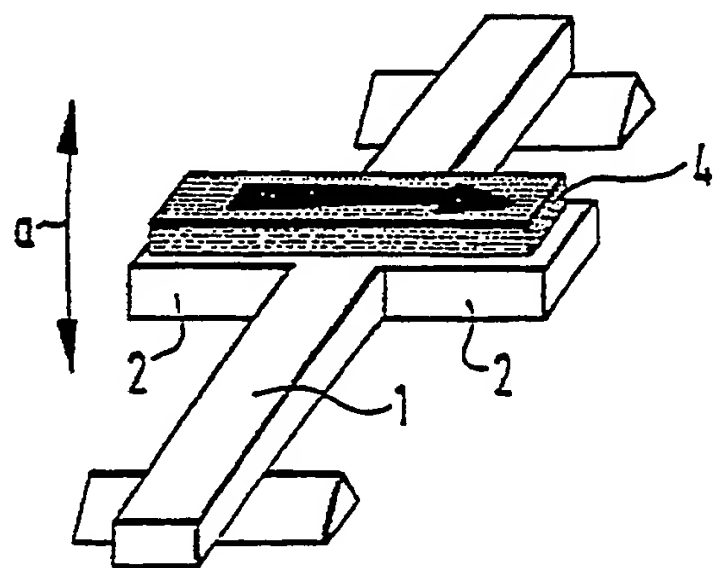
DE 196 25 078 A 1

⑦1 Anmelder:  
Diehl GmbH & Co, 90478 Nürnberg, DE

⑦2 Erfinder:  
Zwingel, Dieter, Dr., 91245 Simmelsdorf, DE

⑤4 Sensorbauteil

⑤7 Ein in Mikrostrukturtechnik in Form eines Biegebalkens hergestelltes Sensorbauteil soll als Magnetfeldsensor arbeiten. Das Bauteil weist einen freien Arm (2) auf, der eine permanentmagnetische Schicht (4) trägt oder permanentmagnetisch ist. Der freie Arm (2) ist von einem externen Magnetfeld auslenkbar. Die Auslenkung ist Meßgröße des Sensorbauteils.



DE 196 25 078 A 1

Die Erfindung betrifft ein Sensorbauteil, das in Mikrostrukturtechnik in Form eines Biegebalkens hergestellt ist.

In Mikrostrukturtechnik hergestellte Bauteile sind in der Veröffentlichung "LIGA-, Bewegliche Mikrostrukturen", Kernforschungszentrum Karlsruhe beschrieben. Dort ist als Sensorbauteil ein Beschleunigungssensor vorgestellt.

Es sind auch Magnetfeldsensoren bekannt. Diese sind jedoch nicht in Mikrostrukturtechnik aufgebaut. Solche Sensorbauteile sind beispielsweise Hall-Sensoren, magnetoresistive Sensoren oder Flux-Gate-Magnetometer. Diese sind in hohem Maße temperaturabhängig oder aufgrund notwendiger Spulenordnungen schwer zu fertigen. Im übrigen benötigen sie aufwendige Abgleich- und Signalverarbeitungselektroniken.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Sensorbauteil der eingangs genannten Art vorzuschlagen, das bei großen Stückzahlen kostengünstig herstellbar ist und das als Magnetfeldsensor, insbesondere Erdmagnetfeldsensor, arbeitet.

Erfindungsgemäß ist obige Aufgabe bei einem Sensorbauteil der eingangs genannten Art dadurch gelöst, daß das Bauteil als Magnetfeldsensor die Form des Biegebalkens aufweist, wobei ein freier Arm des Biegebalkens eine permanentmagnetische Schicht trägt oder permanentmagnetisch ist, der von einem externen Magnetfeld auslenkbar ist, und diese Auslenkung Meßgröße des Sensorbauteils ist.

Die wesentlichen Vorteile eines solchen Sensorbauteils bestehen darin, daß seine Funktion unabhängig von Temperatur-Drifterscheinungen ist, wie sie bei bekannten magnetfeldempfindlichen Halbleitersensoren auftreten und daß sich ein solcher Sensor in großen Serien kostengünstig herstellen läßt.

In bevorzugter Ausgestaltung steht der freie Arm mit einem zu diesem etwa senkrechten Haltearm des Bauteils in einstückige Verbindung. Dadurch ist es möglich, das Bauteil an einem Chip festzulegen oder auszubilden.

Vorzugsweise ist der Haltearm Teil eines Halbleiter-Substrats. Das Bauteil läßt sich dabei direkt in eine sonstige auf dem Halbleiter-Substrat integrierte Schaltung einfügen.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen und der folgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels. In der Zeichnung zeigen:

Fig. 1 eine erste Ausführung eines Magnetfeld-Sensorbauteils schematisch, vergrößert,

Fig. 2 eine zweite Ausführung des Sensorbauteils schematisch, vergrößert,

Fig. 3 das Sensorbauteil in einem elektrostatischem Feld und

Fig. 4 eine Anordnung von drei Sensorbauteilen entsprechend Fig. 1 oder 2 zur Erfassung der Richtung eines äußeren Magnetfeldes.

Das Sensorbauteil nach Fig. 1 weist einen beidseitig gelagerten oder eingespannten Torsionsarm (1) auf, an dem ein freier Arm (2) ausgebildet ist, der sich quer zum Torsionsarm (1) erstreckt. Beim Ausführungsbeispiel nach Fig. 2 ist der freie Arm (2) einseitig an einem Haltearm (3) angeordnet. Der freie Arm (2) hat etwa die Abmessungen  $2 \times 2 \times 50$  mym. Die Arme (1, 2, 3) sind mittels üblichen chemischen Ätzprozessen direkt an einem Halbleiter-Substrat ausgebildet. Das Sensorbauteil kann damit direkt an einem Chip ausgebildet sein, der

auch eine Auswerteelektronik trägt.

Am freien Arm (2) ist eine permanentmagnetische Schicht (4) ausgebildet. Dies kann dadurch erreicht werden kann, daß der freie Arm (2) mit einem ferromagnetischen Material hoher Koerzitivkraft beschichtet wird und dieses Material zu einem Permanentmagneten aufmagnetisiert wird. Zur Beschichtung des freien Arms (2) können Aufdampf-, Sputter- oder chemische Beschichtungstechniken verwendet werden. Es wird dabei eine Technik verwendet, die mit der in der Mikroelektronik üblichen Maskentechnik kompatibel ist, was eine Massenfertigung begünstigt.

Es ist jedoch, beispielsweise in der an sich bekannten LIGA-Technik auch möglich, den freien Arm (2) selbst als Permanentmagnet auszubilden.

Wird das Sensorbauteil nach Fig. 1 in ein externes Magnetfeld gebracht, das in der x-z-Ebene verläuft, dann wird der freie Arm (2) in Richtung des Pfeiles (a) ausgelenkt. Wird das Sensorbauteil nach Fig. 2 in ein in der x-y-Ebene verlaufendes äußeres Magnetfeld gebracht, dann wird der freie Arm (2) in Richtung des Pfeiles (a) ausgelenkt. Beim Wegfall des Magnetfeldes stellt sich der freie Arm (2) von selbst zurück.

Die Auslenkung des freien Armes (2) läßt auf verschiedene Weise auswerten.

Beispielsweise ist auf dem freien Arm (2) ein Dehnungsmeßstreifen (DMS) ausgebildet. Ein DMS-Element ändert seinen elektrischen Widerstand, wenn es auf Dehnung beansprucht wird. Diese Eigenschaft besitzen beispielsweise dünne Metallschichten oder auch einige Halbleitermaterialien, wie beispielsweise Silicium. Auf eine Seite des freien Arms (2) der Ausführung nach Fig. 2 ist als DMS eine dünne Siliciumschicht aufgebracht, die gegenüber dem Silicium Grundmaterial des freien Arms (2) isoliert ist, was beispielsweise durch eine Silicium-Oxid-Schicht geschehen kann. Wird der freie Arm (2) ausgelenkt, dann läßt sich aus der Widerstandsänderung der Siliciumschicht ein elektrisches Signal ableiten, das der Biegung und damit dem äußeren Magnetfeld proportional ist.

Bei der Ausführung nach Fig. 1 wird das DMS-Element an einer Seite des Torsionsarms (1) angeordnet.

Bei der Ausführung nach Fig. 3 liegt der freie Arm (2) zwischen zwei Elektroden (5, 6), die an eine regelbare Spannungsquelle (7) gelegt sind. Der freie Arm (2) liegt damit in einem elektrostatischen Feld, wenn die Spannung (U) der Spannungsquelle (7) größer 0 ist. Mittels des elektrostatischen Feldes läßt sich der freie Arm (2) auslenken. Liegt der freie Arm (2) in einem elektromagnetischen Feld (F), dann wird der freie Arm (2) der Feldstärke entsprechend ausgelenkt. Durch eine entsprechende Einstellung der Spannung (U) läßt sich diese Auslenkung kompensieren, so daß der freie Arm (2) wieder in seine Ruhestellung zurückgeht. Die Höhe der hierfür notwendigen Spannung (U) ist ein Maß für die Feldstärke des Magnetfeldes (F). Die Ruhestellung — nicht ausgelenkte Stellung — des freien Arms (2) läßt sich beispielsweise mittels eines beschriebenen Dehnungsmeßstreifens detektieren.

Ändert sich die Richtung des elektromagnetischen Feldes (F) bzw. wird das Sensorbauteil im Feld (F) gedreht, dann wird der freie Arm (2) erneut ausgelenkt. Auch diese Auslenkung läßt sich durch Nachstellen der Spannung (U) wieder kompensieren. Dabei ist die Größe der Spannungsänderung ein Maß für die Richtungsänderung des Sensorbauteils im Feld (F).

Die Einrichtung nach Fig. 3 kann beispielsweise als mikromechanischer Kompaß verwendet werden.

In Fig. 4 ist eine Anordnung von drei Sensorbauteilen (8, 9, 10) der beschriebenen Art auf einem einzigen Chip (11) gezeigt. Die freien Arme (2, 2', 2'') der Sensorbauteile (8, 9, 10) sind im gegenseitigen Winkel von 120° zueinander angeordnet. Die Kantenlänge des Chips (11) beträgt etwa 5 mm. Zwischen den Sensorbauteilen (8, 9, 10) ist eine gemeinsame Auswerteelektronik (12) angeordnet. Diese Anordnung eignet sich als Kompaß, bei dem eine eindeutige Zuordnung der Richtung des in der Chipebene liegenden Erdmagnetfeldes (F) möglich ist. Die Abstände der permanentmagnetischen Schichten (4) auf dem Chip (11) sind groß genug, um gegenseitige Störungen zu vermeiden.

Die Auswertung der Auslenkung des freien Arms (2) in einem äußeren Magnetfeld kann auch in anderen Weisen erfolgen.

Beispielsweise kann die Auslenkung des freien Armes (2) in einem äußeren Magnetfeld dadurch erfolgen, daß der freie Arm (2) durch einen zusätzlichen Antrieb in Schwingungen versetzt wird. Der zusätzliche Antrieb kann auf elektrostatischem, piezoelektrischem oder optischem Wege mittels Lichtpulsen erfolgen. Eine Auslenkung des freien Arms (2) im äußeren Magnetfeld führt dann zu einem unsymmetrischen Wechselspannungssignal, welches mittels Elektroden erfaßbar ist.

Eine Auslenkung des freien Armes (2) im äußeren Magnetfeld stellt eine mechanische Beanspruchung des freien Armes (2) dar. Dies führt zu einer Änderung der Eigenfrequenz des zu Schwingungen angeregten freien Armes (2). Auch diese Erscheinung läßt sich zur Bestimmung der Feldstärke des äußeren Magnetfeldes auswerten.

Die Auslenkung des freien Armes (2) in einem äußeren Magnetfeld läßt sich auch mittels einer Lichtwellenleiteranordnung erfassen. Diese Anordnung richtet einen Lichtstrahl auf den freien Arm (2), den dieser je nach seiner Auslenkung mehr oder weniger reflektiert. Der reflektierte Lichtanteil kann ausgewertet werden und entspricht der Feldstärke des äußeren Magnetfeldes.

Der freie Arm (2) kann auch mit Lichtimpulsen beaufschlagt werden, die etwa seiner Resonanzfrequenz entsprechen. Dadurch entsteht einseitig eine periodische Oberflächenerwärmung, die zu Biegungen und damit Schwingungen des freien Armes (2) führen. Die Anregungsfrequenz des gepulsten Lichtes kann auch breitbandig sein. Der freie Arm (2) wird auch dann mit seiner mechanischen Resonanzfrequenz schwingen. Infolge einer mechanischen Auslenkung des freien Armes (2) in einem äußeren Magnetfeld ändert sich die Resonanzfrequenz des freien Armes (2). Diese Frequenzänderung läßt sich zum Erfassen der Feldstärke des äußeren Feldes auswerten.

Die Auswertung der Auslenkung des freien Armes (2) mittels Lichtwellenleiter auf optischem Wege hat den Vorteil, daß die Auswerteelektronik räumlich getrennt vom Sensorbauteil angeordnet werden kann. Das Sensorbauteil weist dann keine aktiven elektronischen Bauelemente auf und ist damit EMV-sicher. Infolge seiner geringen Größe läßt sich das Sensorbauteil direkt an einer bezüglich der Einwirkung des äußeren Magnetfeldes optimalen Meßstelle anordnen.

Das Sensorbauteil kann beispielsweise an einem Fahrzeug verwendet werden, das in einem Verkehrsleitsystem fährt.

Mittels des Sensorbauteils lassen sich auch stärkere Magnetfelder als das Erdmagnetfeld erfassen. Insbesondere läßt sich das Sensorbauteil auch zur Überwachung

und Steuerung von elektrischen Maschinen einsetzen. Beispielsweise können solche Sensorbauteile direkt in Wicklungen elektrischer Maschinen integriert werden, wodurch die optimale magnetische Flußdichte in den Wicklungen und magnetische Sättigungseffekte kontrollierbar sind und die Maschine entsprechend steuerbar ist.

#### Patentansprüche

1. Sensorbauteil, das in Mikrostrukturtechnik in Form eines Biegebalkens hergestellt ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Bauteil als Magnetfeldsensor die Form des Biegebalkens aufweist, wobei ein freier Arm (2) des Biegebalkens eine permanentmagnetische Schicht (4) trägt oder permanentmagnetisch ist, der von einem externen Magnetfeld (F) auslenkbar ist, und diese Auslenkung Meßgröße des Sensorbauteils ist.
2. Sensorbauteil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der freie Arm (2) mit einem zu diesem etwa senkrechten Haltearm (3) des Bauteils in einstückiger Verbindung steht.
3. Sensorbauteil nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Haltearm (3) Teil eines Halbleiter-Substrats ist, das auch andere Bauelemente umfaßt.
4. Sensorbauteil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der freie Arm (2) quer an einem Torsionsarm (1) ausgebildet ist.
5. Sensorbauteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der freie Arm (2) in ein elektrostatisches Feld gelegt ist.
6. Sensorbauteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß auf dem freien Arm (2) zur Auswertung der Auslenkung eine Dehnungsmeßstreifenanordnung ausgebildet ist.
7. Sensorbauteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur Auswertung der Auslenkung eine Licht-Wellenleiter-Anordnung vorgesehen ist.
8. Sensorbauteil nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der freie Arm (2) je nach seiner jeweiligen Auslenkung einen Teil des auf ihn gerichteten Lichts reflektiert.
9. Sensorbauteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der freie Arm (2) zu mechanischen Schwingungen angeregt ist, denen die Auslenkung überlagert ist.
10. Kompaß, dadurch gekennzeichnet, daß drei Sensorbauteile (8, 9, 10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche auf einem Chip (11) um 120° versetzt vorgesehen sind.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

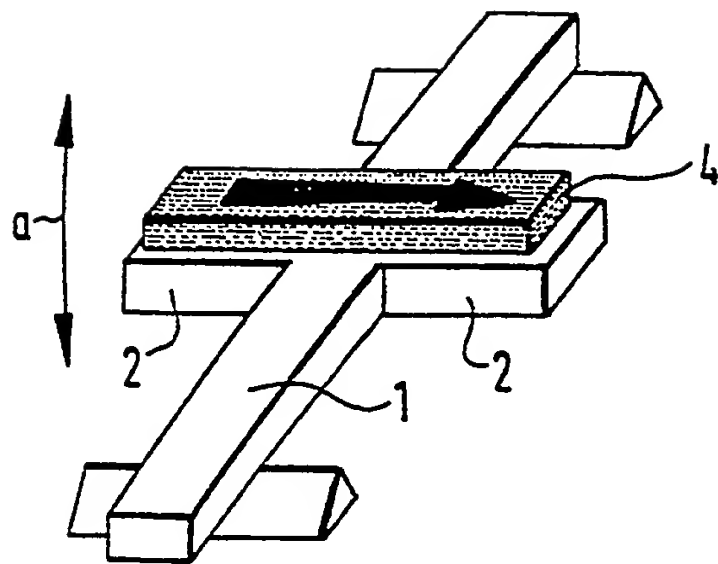


Fig. 1

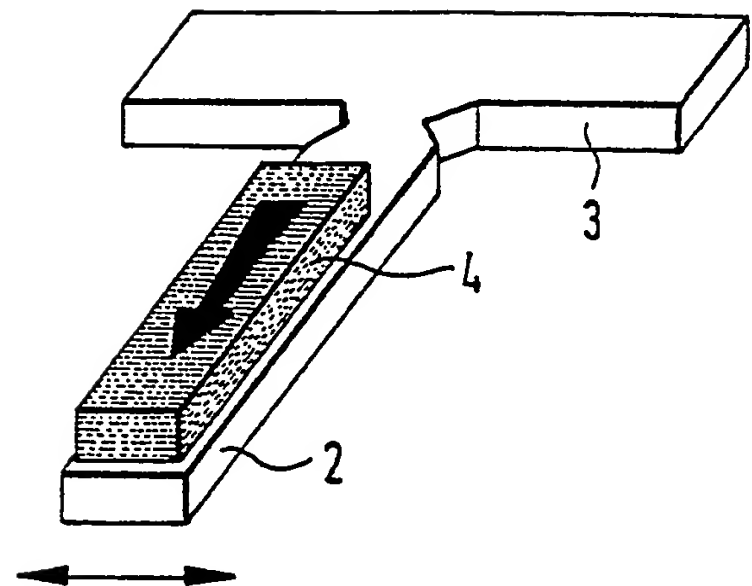


Fig. 2

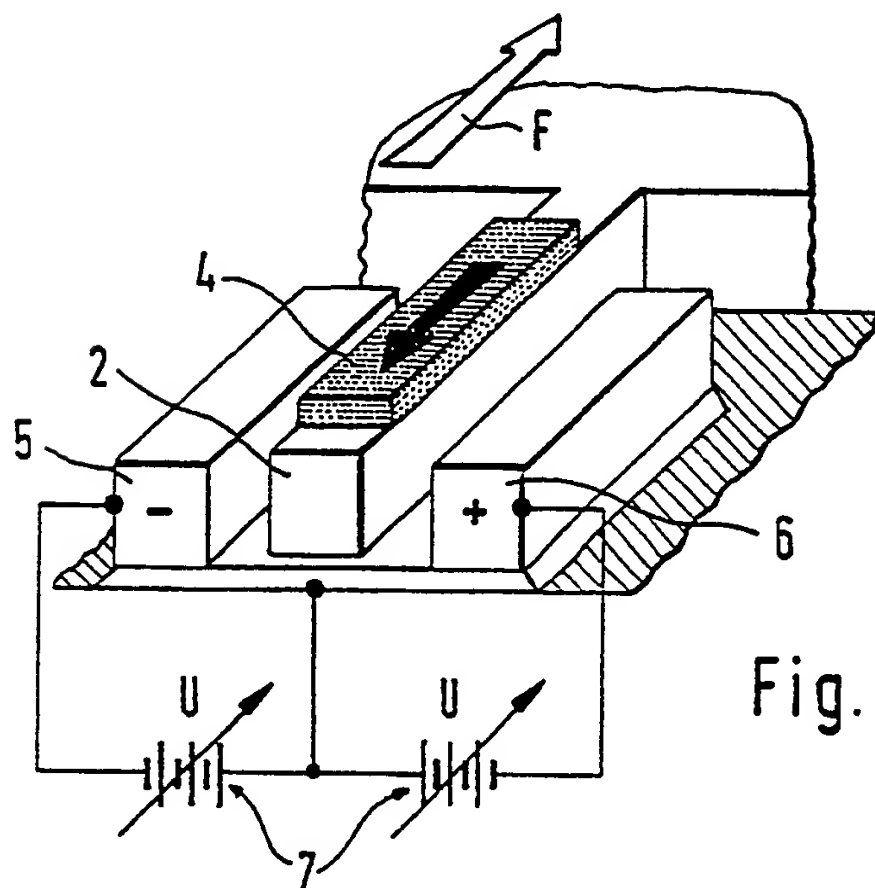
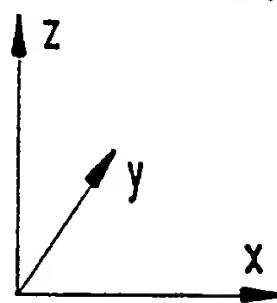


Fig. 3

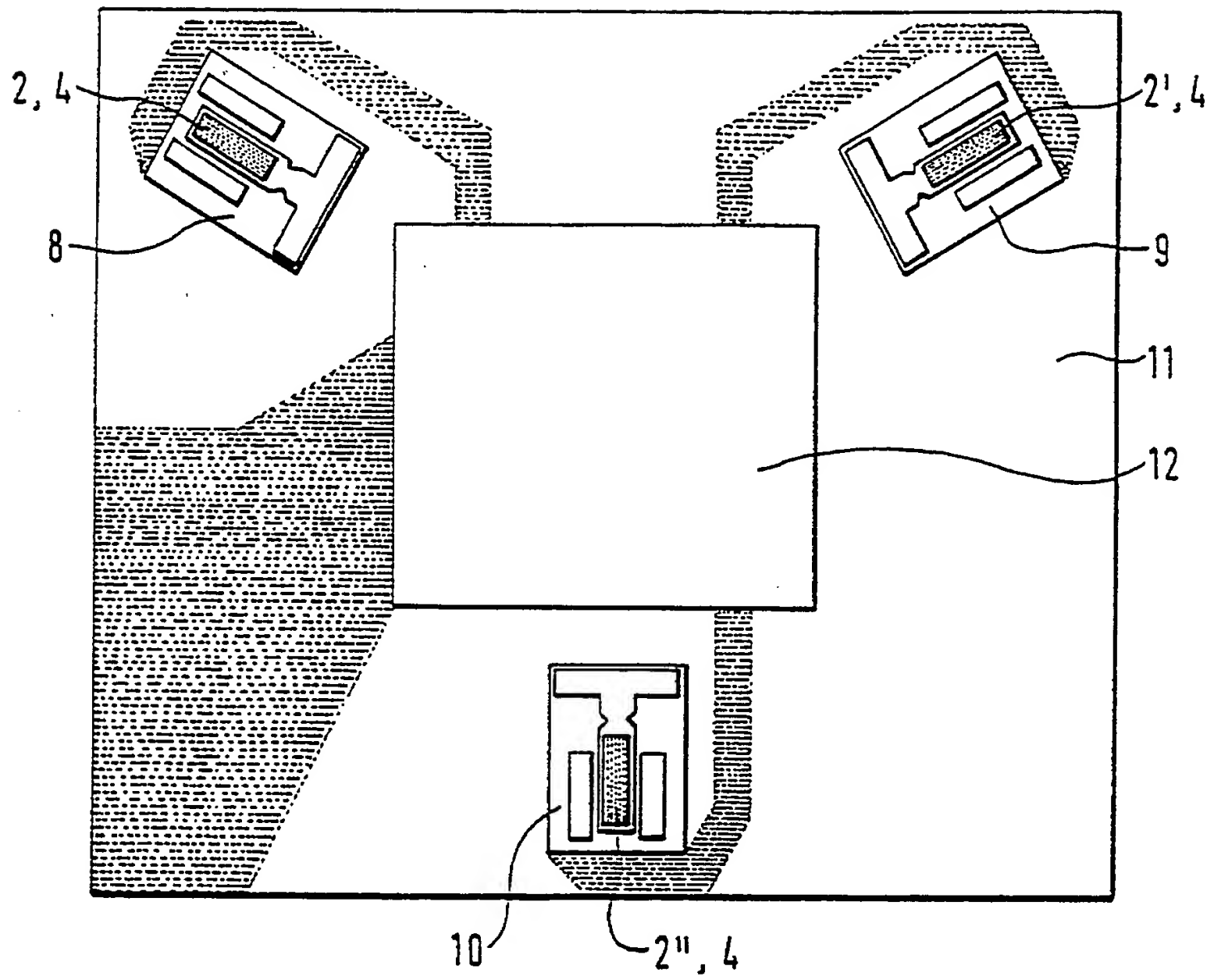


Fig. 4